

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Yasuhiko NOMURA, et al.**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Filed: **September 20, 2000**

For: **SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

1c869 U.S. PTO
09/665911
09/20/00

#2/Primary
11/14/00
Fuller

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Director of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

September 20, 2000

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

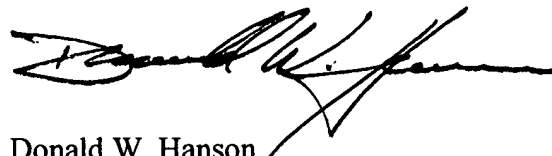
Japanese Appln. No.11/271127, Filed September 24, 1999

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,
ARMSTRONG, WESTERMAN, HATTORI
McLELAND & NAUGHTON



Donald W. Hanson
Reg. No.27,133

Atty. Docket No.: 001221
Suite 1000, 1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
Tel: (202) 659-2930
Fax: (202) 887-0357
DWH/ll

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS69 U.S. PTO
09/665911
09/20/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 9月24日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第271127号

出 願 人

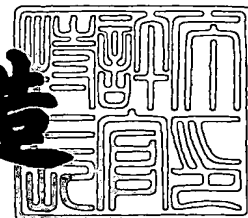
Applicant (s):

三洋電機株式会社

2000年 8月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3067391

【書類名】 特許願

【整理番号】 NBA0991048

【提出日】 平成11年 9月24日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/025

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 野村 康彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 林 伸彦

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号 三洋電機株式会社
社内

【氏名】 庄野 昌幸

【特許出願人】

【識別番号】 000001889

【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098305

【弁理士】

【氏名又は名称】 福島 祥人

【電話番号】 06-6330-5625

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9403774

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 窒化物系半導体からなる活性層上に、第 1 導電型の窒化物系半導体層からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、前記クラッド層の前記平坦部上および前記リッジ部の側面に、不純物を含む高抵抗の窒化物系半導体からなる第 1 の電流ブロック層が形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記不純物は、亜鉛、ベリリウム、カルシウムおよび炭素のうち少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記第 1 の電流ブロック層は、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の抵抗値を有する請求項 1 または 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記第 1 の電流ブロック層上に、前記第 1 導電型と逆の第 2 導電型の窒化物系半導体からなる第 2 の電流ブロック層がさらに形成されたことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 窒化物系半導体からなる活性層上に、第 1 導電型の窒化物系半導体からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、前記クラッド層の前記リッジ部の両側面に沿って前記平坦部に凹溝が形成され、前記クラッド層の前記凹溝が埋め込まれるように前記平坦部上および前記リッジ部の側面に第 1 の電流ブロック層が形成された半導体発光素子。

【請求項 6】 前記第 1 の電流ブロック層は、不純物を含む高抵抗の窒化物系半導体からなることを特徴とする請求項 5 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記不純物は、亜鉛、ベリリウム、カルシウムおよび炭素のうち少なくとも 1 つであることを特徴とする請求項 5 または 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 前記第 1 の電流ブロック層は、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の抵抗値を有することを特徴とする請求項 5 ～ 7 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 9】 前記第 1 の電流ブロック層上に、前記第 1 導電型と逆の第 2 導電型の III 族窒化物系からなる第 2 の電流ブロック層がさらに形成されたこと

を特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 1 0】 前記第 1 の電流ブロック層の厚みは $0.5 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 1 1】 前記第 1 の電流ブロック層の厚みは $1.0 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 0 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 2】 前記クラッド層の平坦部の厚みは $0.3 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 ～ 1 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 3】 前記クラッド層の平坦部の厚みは $0.08 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 2 記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、B N（窒化ホウ素）、G a N（窒化ガリウム）、A l N（窒化アルミニウム）、I n N（窒化インジウム）もしくはT l N（窒化タリウム）またはこれらの混晶等のIII - V族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる半導体発光素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、高密度・大容量の光ディスクシステムに用いられる記録あるいは再生用の光源として、青色または紫色の光を発する窒化物系半導体レーザ素子の研究開発が行われている。これらの半導体レーザ素子は、光ディスクシステムの大容量化に伴い、高速で光ディスクへの書き込みおよび読み出しを行うために、高い周波数で動作することが求められている。

【0 0 0 3】

図 1 7 は特開平 1 0 - 3 2 1 9 6 2 号公報に記載された従来の半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

【0 0 0 4】

図 1 7 の半導体レーザ素子は、n - S i C基板 2 1 上に、G a N からなる n - バッファ層 2 2、A l_{0.1} G a_{0.9} N からなる n - クラッド層 2 3、アンドープ

$\text{In}_{0.32}\text{Ga}_{0.68}\text{N}$ からなる活性層 2 4、 Mg ドープ $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる p -クラッド層 2 5 が順に形成されてなる。

【0 0 0 5】

p -クラッド層 2 5 にはリッジ部が形成されており、 p -クラッド層 2 5 の平坦部上およびリッジ部側面に $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ からなる n -表面蒸発保護層 2 6 が形成され、リッジ部上面にさらに Mg 高ドープ $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 2 0 が形成され、 n -表面蒸発保護層 2 6 の上に $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる n -電流ブロック層 2 7 が形成されている。 n -電流ブロック層 2 7 および Mg 高ドープ $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 層 2 0 の上に Mg ドープ GaN からなる p -コンタクト層 2 8 が形成されている。 p -コンタクト層 2 8 上に p 側電極 2 9 が形成され、 n - SiC 基板 2 1 の裏面に n 側電極 3 0 が形成されている。

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

図 1 7 に示すように、 p -クラッド層 2 5 のリッジ部の両側部および平坦部上に n -電流ブロック層 2 7 を有する従来の半導体レーザ素子では、パルス駆動時にパルス幅が短くなると、光出力の立ち上がりおよび立ち下りの応答特性が悪くなる。

【0 0 0 7】

本発明の目的は、短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が向上された半導体発光素子を提供することである。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

第 1 の発明に係る半導体発光素子は、窒化物系半導体からなる活性層上に、第 1 導電型の窒化物系半導体層からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、クラッド層の平坦部上およびリッジ部の側面に、不純物を含む高抵抗の窒化物系半導体からなる第 1 の電流ブロック層が形成されたものである。

【0 0 0 9】

なお、第 1 の電流ブロック層に不純物を含有させる方法としては、ドーピング

による方法やイオン注入による方法等がある。

【0 0 1 0】

本発明に係る半導体発光素子においては、第 1 の電流ブロック層が不純物のドーピングによりクラッド層と逆の導電型にならずに高抵抗になっている。そのため、第 1 の電流ブロック層とクラッド層との界面近傍の寄生容量を低減でき、短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が向上された半導体発光素子を実現することができる。

【0 0 1 1】

不純物は、亜鉛、ベリリウム、カルシウムおよび炭素のうち少なくとも 1 つであることが好ましい。これらの不純物を添加することにより、窒化物系半導体を容易に高抵抗にして短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性を改善することができる。

【0 0 1 2】

第 1 の電流ブロック層は、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の抵抗値を有することが好ましい。この場合には、短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が十分に改善される。

【0 0 1 3】

第 1 の電流ブロック層上に、第 1 導電型と逆の第 2 導電型の窒化物系半導体からなる第 2 の電流ブロック層がさらに形成されることが好ましい。この場合には、第 2 の電流ブロック層が形成されない場合に比べて、半導体発光素子の動作電流を低減することができる。

【0 0 1 4】

第 2 の発明に係る半導体発光素子は、窒化物系半導体からなる活性層上に、第 1 導電型の窒化物系半導体からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、クラッド層のリッジ部の両側面に沿って平坦部に凹溝が形成され、クラッド層の凹溝が埋め込まれるように平坦部上およびリッジ部の側面に第 1 の電流ブロック層が形成されたものである。

【0 0 1 5】

本発明の半導体発光素子においては、クラッド層のリッジ部の両側面に沿った

凹溝に第 1 の電流ブロック層が形成される。それにより、凹溝の第 1 の電流ブロック層近傍の寄生容量が低減され半導体発光素子の短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が改善される。

【 0 0 1 6 】

第 1 の電流ブロック層は、不純物を含む高抵抗の窒化物系半導体からなることが好ましい。この場合、第 1 の電流ブロック層とクラッド層との界面近傍の寄生容量を低減することができ、半導体発光素子の短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性をさらに改善することができる。

【 0 0 1 7 】

なお、第 1 の電流ブロック層に不純物を含有させる方法としては、ドーピングによる方法やイオン注入による方法等がある。

【 0 0 1 8 】

不純物は、亜鉛、ベリリウム、カルシウムおよび炭素のうち少なくとも 1 つであることが好ましい。これらの不純物を添加することにより窒化物系半導体を容易に高抵抗にして半導体発光素子の短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性を改善することができる。

【 0 0 1 9 】

第 1 の電流ブロック層は、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の抵抗値を有することが好ましい。この場合には、半導体発光素子の短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が十分に改善される。

【 0 0 2 0 】

第 1 の電流ブロック層上に、第 1 導電型と逆の第 2 導電型の III 族窒化物系からなる第 2 の電流ブロック層がさらに形成されることが好ましい。この場合には、半導体発光素子の動作電流を低減させることができる。

【 0 0 2 1 】

第 1 の電流ブロック層の厚みは $0.5 \mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上であることがさらに好ましい。

【 0 0 2 2 】

また、クラッド層の平坦部の厚みは $0.3 \mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 0

。 0.8 μm 以下であることがさらに好ましい。

【0023】

【発明の実施の形態】

(第1の実施例)

図1は本発明の第1の実施例における窒化物系半導体レーザ素子の構造を示す模式的断面図である。第1の実施例の半導体レーザ素子は、リッジ導波型の半導体レーザ素子である。

【0024】

図1の半導体レーザ素子において、サファイア基板1のC面上に、MOCVD法（有機金属化学的気相成長法）によりアンドープの $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなる厚さ25nmのバッファ層2、アンドープの GaN からなる厚さ2 μm のアンドープ GaN 層3、Siドープの $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ3 μm の第1コンタクト層4、Siドープの $n\text{-In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.1 μm のクラック防止層5、Siドープの $n\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ1.5 μm の第1クラッド層6、後述する多重量子井戸構造の発光層7、Mgドープの $p\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ1.5 μm の第2クラッド層8およびMgドープの $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる厚さ0.05 μm の第2コンタクト層9aが順に積層されている。

【0025】

反応性イオンエッチング（RIE）法または反応性イオンビームエッチング（RIIBE）法により第2コンタクト層9aおよび第2クラッド層8のストライプ状の領域の両側が所定の厚さd1を残して除去されてストライプ状のリッジ部10が形成される。このときのリッジ部10の幅は、2.0～5.0 μm の間で調整される。第2クラッド層8は厚さd1の平坦部82および凸部81からなる。

【0026】

第2コンタクト層9aから第1コンタクト層4の一部領域が所定の深さまでエッチングにより除去され、第1コンタクト層4に電極形成面11が形成される。

【0027】

リッジ部10の両側面および第2クラッド層8の平坦部82上には厚さd2の

$\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層 12 が形成されている。さらに第 2 コンタクト層 9a の上面から電流ブロック層 12 の上面に渡って Mg ドープの p-GaN からなる厚さ $0.5\ \mu\text{m}$ の第 3 コンタクト層 9b が積層されている。

【0028】

また、第 3 コンタクト層 9b 上には p 側電極 131 が形成され、第 1 コンタクト層 4 の電極形成面 11 には n 側電極 132 が形成されている。

【0029】

図 2 は発光層 7 の構造を示す断面図である。発光層 7 は、第 1 クラッド層 6 上に形成された Si ドープの n-GaN からなる厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ の第 1 光ガイド層 71 と、その上に形成された活性層 72 と、その上に形成された Mg ドープの p-GaN からなる厚さ $0.1\ \mu\text{m}$ の第 2 光ガイド層 73 とからなる。活性層 72 は、Si ドープの $\text{n-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ からなる厚さ $6\ \text{nm}$ のバリア層 721、723、725、727 と、Si ドープの $\text{n-In}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$ からなる厚さ $3\ \text{nm}$ の井戸層 722、724、726 とが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。

【0030】

$\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層 12 は、不純物のドープにより高抵抗になっている。不純物としては、亜鉛、ベリリウム、カルシウムおよび炭素のうち少なくとも 1 つが用いられる。

【0031】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層 12 が不純物のドープにより高抵抗となることによって電流ブロック層 12 と第 2 クラッド層 8 の平坦部 82 との界面の寄生容量が減少する。それにより、パルス駆動時に、光出力の立ち上がり時間 t_r が短縮される。同様の理由から、パルス駆動時に、光出力の立ち下がり時間が短縮される。それにより、図 1 の半導体レーザ素子の光出力の応答特性が改善される。

【0032】

なお、電流ブロック層 12 の抵抗値は、光出力の応答特性を十分に改善するためには、 $1.5\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

(第 2 の実施例)

図 3 は本発明の第 2 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【 0 0 3 4 】

図 3 の半導体レーザ素子と図 1 の半導体レーザ素子とは電流ブロック層の構成は異なるが、図 3 の半導体レーザ素子の第 2 の電流ブロック層 1 2 1 以外の部分は、図 1 の半導体レーザ素子と同様である。図 3 の半導体レーザ素子においては、図 1 の半導体レーザ素子の電流ブロック層 1 2 上に、層厚 $0.3 \mu\text{m}$ の $\text{n-Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる第 2 の電流ブロック層 1 2 1 が形成されている。n 型ドーパントとしては、例えば Si が用いられる。

【 0 0 3 5 】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層 1 2 が不純物のドーピングにより高抵抗となることによって図 1 の半導体レーザ素子と同様に光出力の応答特性が改善される。また、第 2 クラッド層 8 とは逆の導電型の第 2 の電流ブロック層 1 2 1 を設けることにより動作電流が低減される。

【 0 0 3 6 】

(第 3 の実施例)

図 4 は本発明の第 3 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【 0 0 3 7 】

図 4 の半導体レーザ素子と図 1 の半導体レーザ素子とは第 2 クラッド層および電流ブロック層が異なるが、図 4 の半導体レーザ素子の第 2 クラッド層および電流ブロック層 1 1 2 以外の部分は図 1 の半導体レーザ素子と同様の構造を有する。図 4 の第 2 クラッド層 1 0 8 は、発光層 7 の上に形成され、平坦部 1 8 2 および凸部 1 8 1 を有し、凸部 1 8 1 の両側面に沿って平坦部 1 8 2 上に凹溝 1 8 3 が形成されている。第 2 クラッド層 1 0 8 の凹溝 1 8 3 が埋め込まれるように、第 2 クラッド層 1 0 8 の平坦部 1 8 2 の上面および凸部 1 8 1 の両側面に、電流

ブロック層 112 が形成されている。

【0038】

本実施例の半導体レーザ素子においては、凹溝が n 型の電流ブロック層 112 により埋め込まれることにより光出力の立ち上がり時間および立ち下がり時間が短くなり、光出力の応答特性が改善される。

【0039】

図 5～図 7 は、図 4 の半導体レーザ素子の製造工程を示す模式的工程断面図である。

【0040】

図 5 (a) に示すように、サファイア基板 1 の C 面上に、MOCVD 法（有機金属化学的気相成長法）によりアンドープの $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなる厚さ 25 nm のバッファ層 2、アンドープの GaN からなる厚さ $2\text{ }\mu\text{m}$ のアンドープ GaN 層 3、Si ドープの n-GaN からなる厚さ $3\text{ }\mu\text{m}$ の第 1 コンタクト層 4、Si ドープの $\text{n-In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ $0.1\text{ }\mu\text{m}$ のクラック防止層 5、Si ドープの $\text{n-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の第 1 クラッド層 6、後述する多重量子井戸構造の発光層 7、Mg ドープの $\text{p-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ $1.5\text{ }\mu\text{m}$ の第 2 クラッド層 8 および Mg ドープの p-GaN からなる厚さ $0.05\text{ }\mu\text{m}$ の第 2 コンタクト層 9a が順に積層される。

【0041】

図 5 (b) に示すように、第 2 コンタクト層 9a の上面の所定領域に、 SiO_2 膜 400 および Ni 膜 401 を形成する。これら SiO_2 膜 400 および Ni 膜 401 をマスクとして RIBE 法または RIE 法により n-コンタクト層 4 の一部領域を所定の深さまでエッチングし、n 側電極を形成するための電極形成面 11 を形成する。

【0042】

図 6 (c) に示すように、図 4 の凹溝 183 に対応する領域の SiO_2 膜 400 および Ni 膜 401 を除去して、 SiO_2 膜 400a～400c および Ni 膜 401a～401c を形成する。これら SiO_2 膜 400a～400c および Ni 膜 401a～401c をマスクとして RIBE 法または RIE 法により p-G

a Nからなる第2コンタクト層 9 aの一部を除去し、第2コンタクト層 9 aに達する幅 $1\ \mu\text{m}$ 、深さ $0.05\ \mu\text{m}$ の凹部を形成する。

【0043】

図6 (d) に示すように、 SiO_2 膜 400 b および Ni 膜 401 b を残して SiO_2 膜 400 a, 400 c および Ni 膜 401 a, 401 c を除去し、 SiO_2 膜 400 b および Ni 膜 401 b をマスクとして p-クラッド層 8 の平坦部 182 の厚さが d 1 となるように所定の深さまでエッチングする。

【0044】

図7 (e) に示すように、 SiO_2 膜 400 b をマスクとして、電流ブロック層 112 を選択成長させる。

【0045】

最後に、図7 (f) に示すように、第3コンタクト層 9 b を成長し、p 側電極 131 および n 側電極 132 を形成する。

【0046】

なお、上記製造方法に代えて、リッジ部 10 の両側面に沿った部分でのエッチング速度が大きいことを利用して、リッジ部 10 を形成した後、p-クラッド層 8 の平坦部の全面をエッチングすることによってもリッジ部 10 の両側面に沿って凹溝 183 を設けることが可能である。

【0047】

(第4の実施例)

第4の実施例の半導体レーザ素子は、図4の半導体レーザ素子の電流ブロック層 112 が不純物の添加された高抵抗の $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ で形成される。第4の実施例の半導体レーザ素子の電流ブロック層以外の構成は図4の半導体レーザ素子と同様である。

【0048】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層が不純物のドーピングにより高抵抗となることによって図1の半導体レーザ素子と同様に光出力の応答特性が改善される。

【0049】

なお、電流ブロック層の抵抗値は、光出力の応答特性を十分に改善するためには、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

【0050】

(第5の実施例)

図8は本発明の第5の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【0051】

図8の半導体レーザ素子と図3の半導体レーザ素子とは第2クラッド層および電流ブロック層が異なる。しかし、図8の半導体レーザ素子の第2クラッド層108および電流ブロック層120以外の部分は図3の半導体レーザ素子と同様の構造を有する。図8の第2クラッド層108は、発光層7の上に形成され、平坦部182およびストライプ状の凸部181を有し、ストライプ状の凸部181の両側面に沿って平坦部182上に凹溝183が形成されている。第2クラッド層108の凹溝183が埋め込まれるように、第2クラッド層108の平坦部182の上面および凸部181の両側面に、電流ブロック層120が形成されている。凹溝183が形成されている部分の第2クラッド層108の厚さd3は平坦部182の厚さd1よりも薄くなる。

【0052】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層120が不純物のドーピングにより高抵抗となることによって、図1の半導体レーザ素子と同様に光出力の応答特性が改善される。また、第2クラッド層8とは逆の導電型の第2の電流ブロック層121を設けることにより動作電流が低減される。凹溝183が電流ブロック層120により埋め込まれているので、光出力の応答特性がさらに良くなる。

【0053】

(第6の実施例)

図9は本発明の第6の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【0054】

図 9 の半導体レーザ素子と図 1 の半導体レーザ素子とは基板および基板とクラッド防止層との間の各層ならびに第 2 クラッド層は異なるが、他の部分の構成は図 1 の半導体レーザ素子と同様である。すなわち、図 9 の半導体レーザ素子は、 n -Ga N 基板 3 0 1 上に、MOCVD 法により、Si ドープの n -Ga N からなる厚さ $3\ \mu\text{m}$ のバッファ層 3 0 4、図 1 の半導体レーザ素子と同様の各層 5 ~ 7、Mg ドープの p -Al $_{0.07}$ Ga $_{0.93}$ N からなる厚さ $1.5\ \mu\text{m}$ の第 2 クラッド層 3 0 8 および第 2 コンタクト層 9 a が順に積層されてなる。

【0 0 5 5】

反応性イオンエッチング (RIE) 法または反応性イオンビームエッチング (RIIBE) 法により第 2 コンタクト層 9 a および第 2 クラッド層 3 0 8 の一部領域が所定の厚さ d_1 を残して除去されてストライプ状のリッジ部 1 0 が形成される。このときのリッジ部 1 0 の幅は、 $2.0 \sim 5.0\ \mu\text{m}$ の間で調整される。第 2 クラッド層 3 0 8 は厚さ d_1 の平坦部 3 8 2 および凸部 3 8 1 からなる。

【0 0 5 6】

また、リッジ部 1 0 の両側面および第 2 クラッド層 3 0 8 の平坦部 3 8 2 には厚さ d_2 の Al $_{0.12}$ Ga $_{0.88}$ N からなる電流ブロック層 1 2 が形成されている。さらに第 2 コンタクト層 9 a の上面から電流ブロック層 1 2 の上面に渡って Mg ドープの p -Ga N からなる厚さ $0.5\ \mu\text{m}$ の第 3 コンタクト層 9 b が積層されている。

【0 0 5 7】

また、 p -第 3 コンタクト層 9 a 上には p 側電極 3 3 1 が形成され、 n -Ga N 基板 3 0 1 の裏面には n 側電極 3 3 2 が形成されている。

【0 0 5 8】

本実施例においても電流ブロック層 1 2 が不純物をドープされて高抵抗になっているので、図 1 の半導体レーザと同様に、光出力の立ち上がり時間および立ち下がり時間が短縮され、光出力の応答特性が改善される。

【0 0 5 9】

(第 7 の実施例)

図 1 0 は本発明の第 7 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的

断面図である。

【0060】

図10の半導体レーザ素子と図9の半導体レーザ素子とは電流ブロック層の構成は異なるが、図10の半導体レーザ素子の第2の電流ブロック層121以外の部分は、図9の半導体レーザ素子と同様である。すなわち、図10の半導体レーザ素子には、図9の半導体レーザ素子の電流ブロック層12上に、層厚 $0.3\mu\text{m}$ の $\text{n-Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる第2の電流ブロック層121が形成されている。

【0061】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブロック層12が不純物のドーピングにより高抵抗となることによって図1の半導体レーザ素子と同様に光出力の応答特性が改善される。また、第2クラッド層8とは逆の導電型の第2の電流ブロック層121を設けることにより動作電流が低減される。

【0062】

(第8の実施例)

図11は本発明の第8の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【0063】

図11の半導体レーザ素子と図10の半導体レーザ素子とは第2クラッド層および電流ブロック層が異なるが、図10の半導体レーザ素子の第2クラッド層308および電流ブロック層12以外の部分は図10の半導体レーザ素子と同様の構造を有する。図11の第2クラッド層318は、平坦部382およびストライプ状の凸部381を有し、ストライプ状の凸部381の両側面に沿って平坦部382上に凹溝383が形成されている。第2クラッド層318の凹溝383が埋め込まれるように、第2クラッド層318の平坦部382の上面および凸部381の両側面に、電流ブロック層120が形成されている。

【0064】

本実施例の半導体レーザ素子においては、 $\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88}\text{N}$ からなる電流ブ

ロック層 1 2 0 が不純物のドーピングにより高抵抗となることによって図 1 の半導体レーザ素子と同様に光出力の応答特性が改善される。また、第 2 クラッド層 3 1 8 とは逆の導電型の第 2 の電流ブロック層 1 2 1 を設けることにより動作電流が低減される。また、凹溝 3 8 3 が電流ブロック層 1 2 0 により埋め込まれているので、さらに光出力の応答特性がよくなる。

【0 0 6 5】

なお、電流ブロック層 1 2 0 の抵抗値は、光出力の応答特性を十分に改善するためには、 $1.5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上であることが好ましい。

【0 0 6 6】

【実施例】

図 1 に示した第 1 の実施例の半導体レーザ素子、図 3 に示した第 2 の実施例の半導体レーザ素子、図 4 に示した第 3 の実施例の半導体レーザ素子、第 4 の実施例の半導体レーザ素子、図 8 に示した第 5 の半導体レーザ素子、図 9 に示した第 6 の実施例の半導体レーザ素子、図 1 0 に示した第 7 の実施例の半導体レーザ素子、図 1 1 に示した第 8 の実施例の半導体レーザ素子および比較例の半導体レーザ素子を作製し、特性を測定した。

【0 0 6 7】

図 1 の第 1 の実施例、図 3 の第 2 の実施例、図 9 の第 6 の実施例および図 1 0 の第 7 の実施例の半導体レーザ素子は、リッジ部 1 0 の幅を $3 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 2 の厚さ d_2 を $0.5 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 2 に不純物として Zn (亜鉛) をドーピングした。図 4 の第 3 の実施例の半導体レーザ素子は、リッジ部 1 0 の幅を $3 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 1 2 の厚さ d_2 を $0.5 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 1 2 には Si をドーピングした。図 8 の第 5 の実施例および図 1 1 の第 8 の実施例の半導体レーザ素子では、リッジ部 1 0 の幅を $3 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 2 0 の厚さ d_2 を $0.5 \mu\text{m}$ に設定し、電流ブロック層 1 2 0 に不純物として Zn をドーピングした。また、凹溝 1 8 3, 3 8 3 の深さ (すなわち $d_1 - d_3$) を $0.05 \mu\text{m}$ に設定した。

【0 0 6 8】

第 4 の実施例の半導体レーザ素子は、電流ブロック層に不純物として Zn をド

ープした点を除いて図4の第3の実施例の半導体レーザ素子と同様の構造を有する。比較例の半導体レーザ素子は、電流ブロック層にSiのみをドーピングしn型とする点を除いて図1の第1の実施例の半導体レーザ素子と同様の構造を有する。

【0069】

まず、第1～第8の実施例の半導体レーザ素子および比較例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r と第2のクラッド層平坦部の厚さ d_1 との関係を測定した。測定結果を図12、図13および図14に示す。また、第1～第3の実施例、第6の実施例および第7の実施例の半導体レーザ素子についての測定結果を表1に示す。なお、第4、第5および第8の実施例の半導体レーザ素子については第2クラッド層平坦部の厚さ d_1 が $0.3\mu\text{m}$ の場合について測定を行った。第4、第5および第8の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r はそれぞれ 0.13ns 、 0.08ns および 0.06ns であった。

【0070】

なお、光出力の立ち上がり時間 t_r は、光出力がピーク時 5mW の 10% になった時点から 90% に達するまでの時間で定義した。また、パルス幅 50ns 、デューティサイクル 50% （周波数 10MHz ）のパルス駆動条件で測定を行った。

【0071】

【表 1】

第 2 クラッド層 平坦部の厚さ d_1 (μm)	0.02	0.08	0.2	0.3	0.4	0.5
立ち上がり時間 t_r (ns) (第 1 の実施例)	0.01	0.03	0.12	0.2	0.59	0.98
立ち上がり時間 t_r (ns) (第 2 の実施例)	0.01	0.01	0.06	0.12	0.35	0.66
立ち上がり時間 t_r (ns) (第 3 の実施例)	0.06	0.14	0.62	1.1	2.5	3.9
立ち上がり時間 t_r (ns) (第 6 の実施例)	0.01	0.03	0.10	0.18	0.50	0.80
立ち上がり時間 t_r (ns) (第 7 の実施例)	0.01	0.01	0.05	0.10	0.35	0.60
立ち上がり時間 t_r (ns) (比較例)	0.08	0.20	0.8	1.4	2.8	4.4

【0072】

第 1 ～ 第 8 の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r は、第 2 クラッド層平坦部の厚さ d_1 にかかわらず常に比較例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r よりも短くなっている。

【0073】

第 1 ～ 第 3、第 6 および第 7 の実施例の半導体レーザ素子において、第 2 クラッド層平坦部の厚さ d_1 の減少に伴い、光出力の立ち上がり時間 t_r は減少する。第 1 ～ 第 3、第 6 および第 7 の実施例の半導体レーザ素子において、第 2 クラッド層平坦部の厚さ d_1 が $0.3 \mu\text{m}$ 以上のときには第 2 のクラッド層平坦部の厚さ d_1 の増加に伴って立ち上がり時間 t_r が急激に増加する。第 2 クラッド層平坦部の厚さ d_1 が $0.3 \mu\text{m}$ 以下のところで立ち上がり時間 t_r の増加が緩やかになり、 $0.08 \mu\text{m}$ 以下でさらに増加が緩やかになる。したがって、短い立ち上がり時間 t_r を安定的に確保するためには、第 2 クラッド層平坦部の厚さ d

1 は 0.3 μm 以下であることが好ましく、0.08 μm 以下であることがさらに好ましい。

【0074】

第2クラッド層平坦部の厚さ d_1 が 0.3 μm のところで第1～第8の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r を比べると、第3の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r よりも第1および第6の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r が小さく、第1および第6の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r よりも第2、第4および第7の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r が小さく、第2、第4および第7の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r よりも第5および第8の実施例の半導体レーザ素子の立ち上がり時間 t_r が小さいことがわかる。

【0075】

このことは、電流ブロック層に不純物を添加して高抵抗にする効果と、第2の電流ブロック層 121 を形成することにより立ち上がり時間 t_r が短縮される効果と、電流ブロック層により第2クラッド層の形成された凹溝を埋めることによる立ち上がり時間 t_r の短縮の効果とを互いに加え合わせることが可能であることを示している。

【0076】

次に、図1の第1の実施例の半導体レーザ素子について電流ブロック層の厚さ d_2 の立ち上がり時間 t_r との関係について測定を行った。測定結果を図15および表2に示す。

【0077】

【表2】

電流阻止層厚さ $d_2 (\mu\text{m})$	0.25	0.37	0.5	0.75	1.0	1.5
立ち上がり時間 $t_r (\text{ns})$	0.71	0.47	0.2	0.08	0.02	0.01

【0078】

なお、第2クラッド層8の平坦部82の厚さd1は、0.3 μ mに設定した。
この測定結果から、電流ブロック層12の厚さd2が0.5 μ m以下の領域で立ち上がり時間t_rが急激に減少しており、また、電流ブロック層12の厚さd2が地点1.0 μ m以上の領域でほとんど減少しなくなる。したがって、短い立ち上がり時間t_rを安定的に確保するためには、電流ブロック層12の厚さd2は0.5 μ m以上であることが好ましく、1.0 μ m以上であることがさらに好ましい。

【0079】

次に、第1の実施例および第2の実施例の半導体レーザ素子について第2クラッド層平坦部の厚さd1と動作電流との関係を測定した。測定結果を図16および表3に示す。

【0080】

【表3】

第2クラッド層 平坦部の厚さ d1 (μ m)	0.02	0.08	0.2	0.3	0.4	0.5
動作電流 (mA) (第1の実施例)	72	74	77	79	81	83
動作電流 (mA) (第2の実施例)	69	71	73	74	76	78

【0081】

この結果から、図3に示す第2の実施例の半導体レーザ素子の動作電流の方が図1に示す第1の実施例の半導体レーザ素子の動作電流よりも3～5mA小さくなることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図2】

図1の半導体レーザ素子の活性層の構成を示す模式的断面図である。

【図 3】

本発明の第 2 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 4】

本発明の第 3 の実施例に係る半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 5】

図 4 の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【図 6】

図 4 の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【図 7】

図 4 の半導体レーザ素子の製造方法を示す模式的工程断面図である。

【図 8】

本発明の第 5 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 9】

本発明の第 6 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 1 0】

本発明の第 7 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 1 1】

本発明の第 8 の実施例における半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 1 2】

第 1、第 2、第 4 および第 5 の実施例ならびに比較例の半導体レーザ素子における光出力の立ち上がり時間の第 2 クラッド層平坦部厚依存性の測定結果を示す図である。

【図 1 3】

第 3 の実施例および比較例の半導体レーザ素子における光出力の立ち上がり時間の第 2 クラッド層平坦部厚依存性の測定結果を示す図である。

【図 1 4】

第 6 ～第 8 の実施例および比較例の半導体レーザ素子における光出力の立ち上がり時間の第 2 クラッド層平坦部厚依存性の測定結果を示す図である。

【図 1 5】

第 1 の実施例の半導体レーザ素子における光出力立ち上がり時間の電流ブロック層厚依存性の測定結果を示す図である。

【図 1 6】

第 1 および第 2 の実施例の半導体レーザ素子における動作電流の第 2 クラッド層平坦部厚依存性の測定結果を示す図である。

【図 1 7】

従来の半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

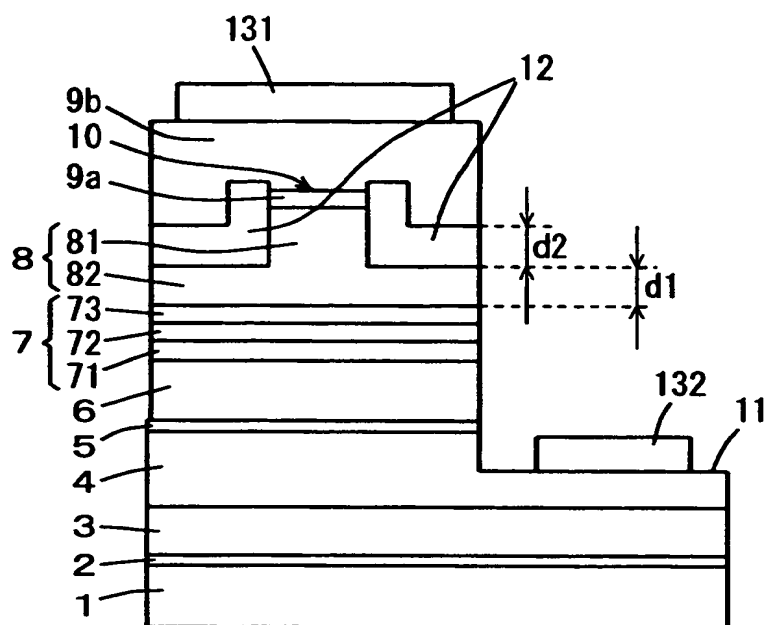
【符号の説明】

- 4 第 1 コンタクト層
- 5 クラック防止層
- 6 第 1 クラッド層
- 7 発光層
- 8, 1 0 8, 3 0 8, 3 1 8 第 2 クラッド層
- 9 a 第 2 コンタクト層
- 1 0 リッジ部
- 1 2, 1 1 2, 1 2 0 電流ブロック層

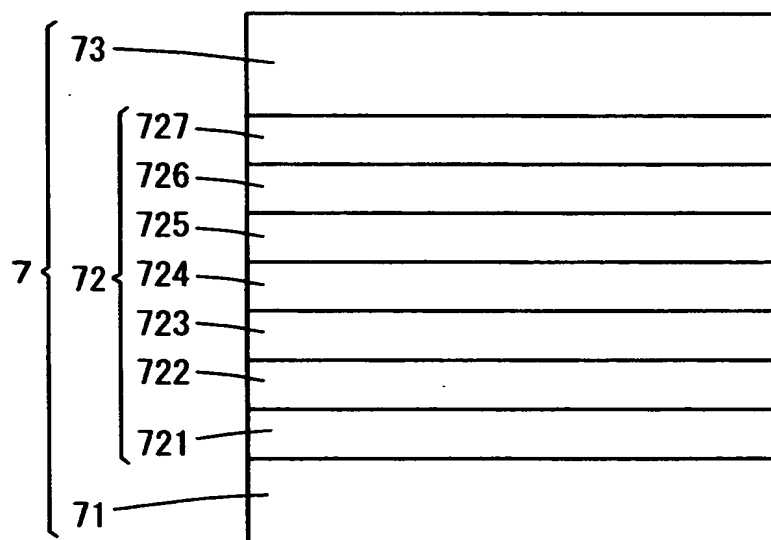
【書類名】

図面

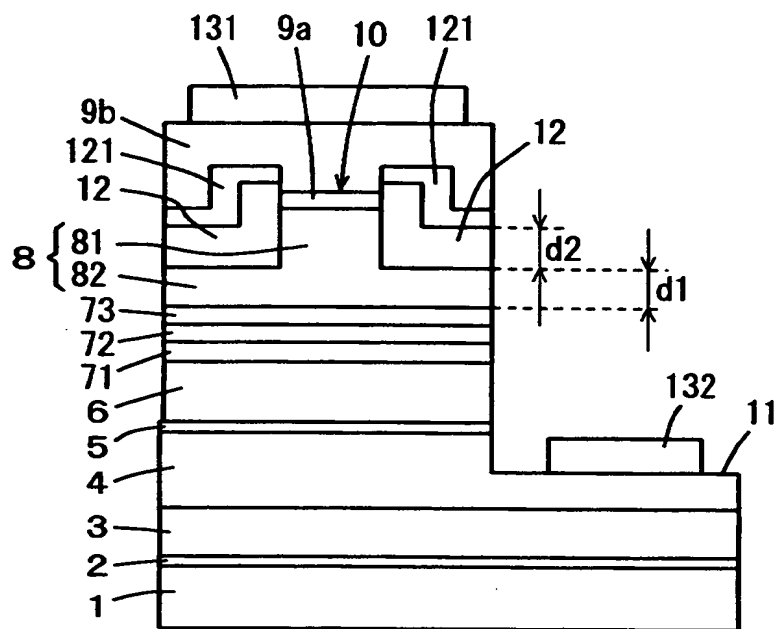
【図 1】



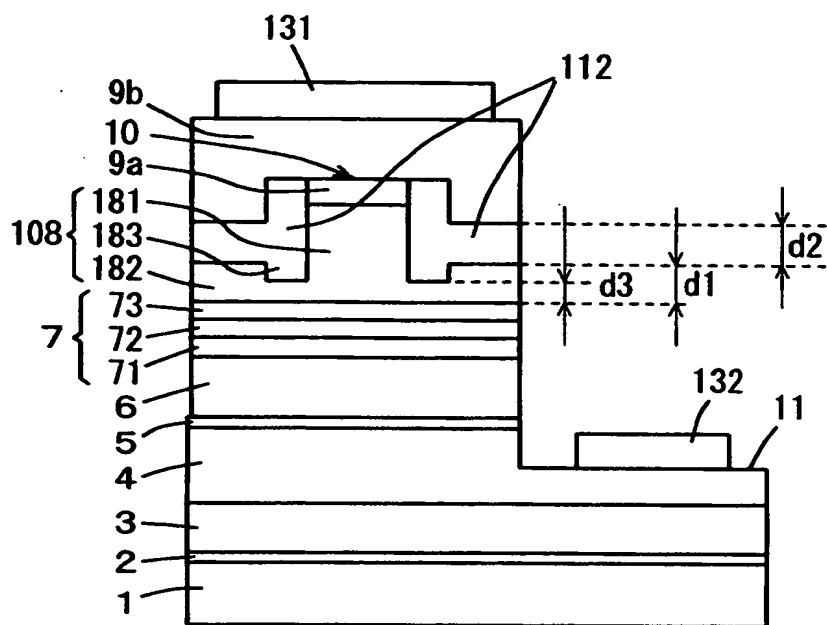
【図 2】



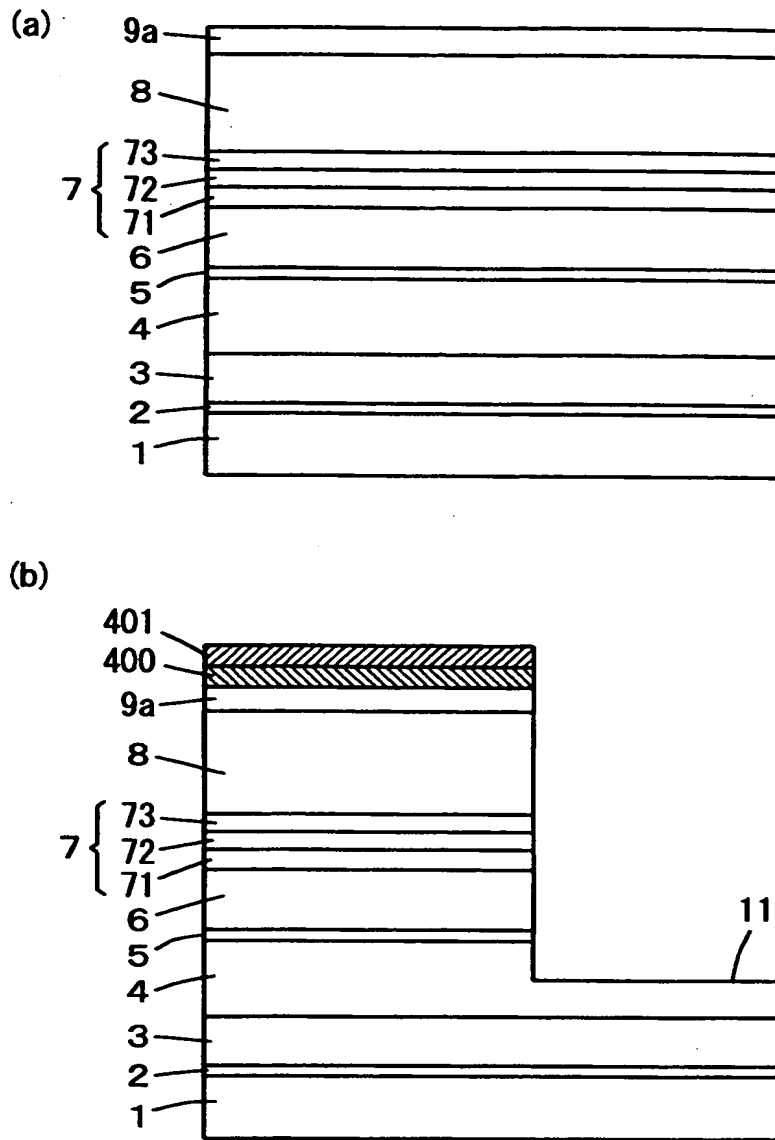
【図 3】



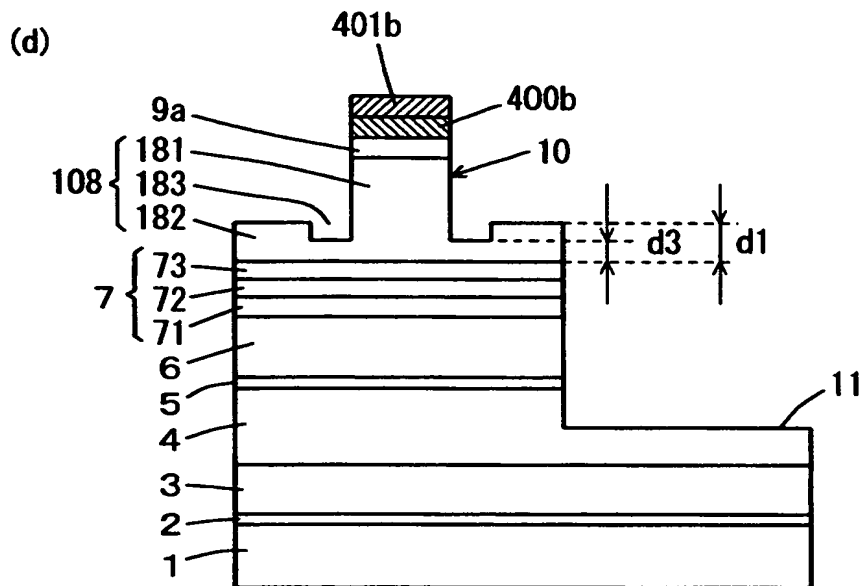
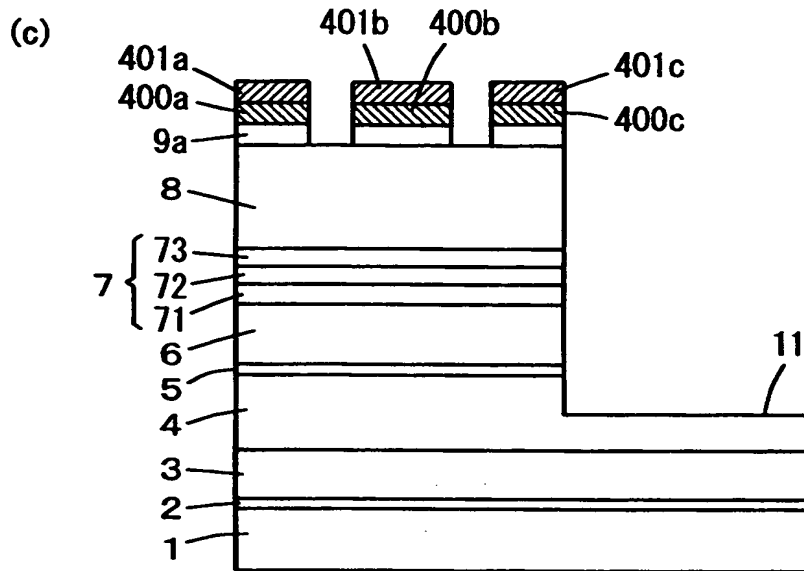
【図 4】



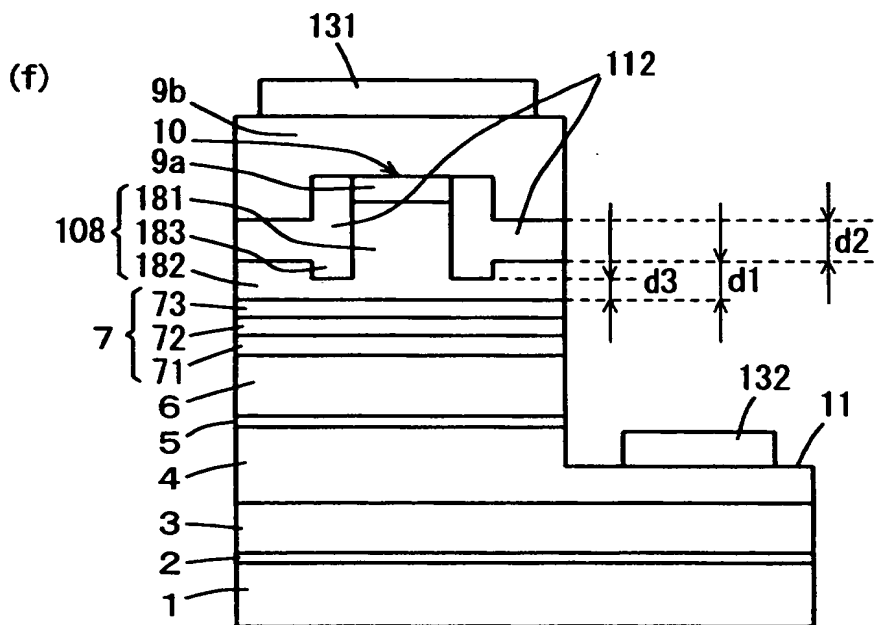
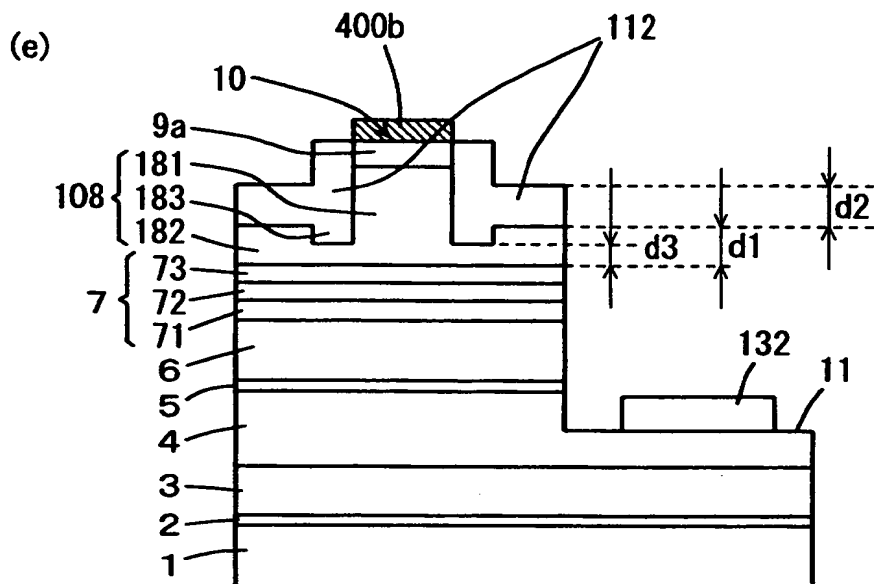
【図 5】



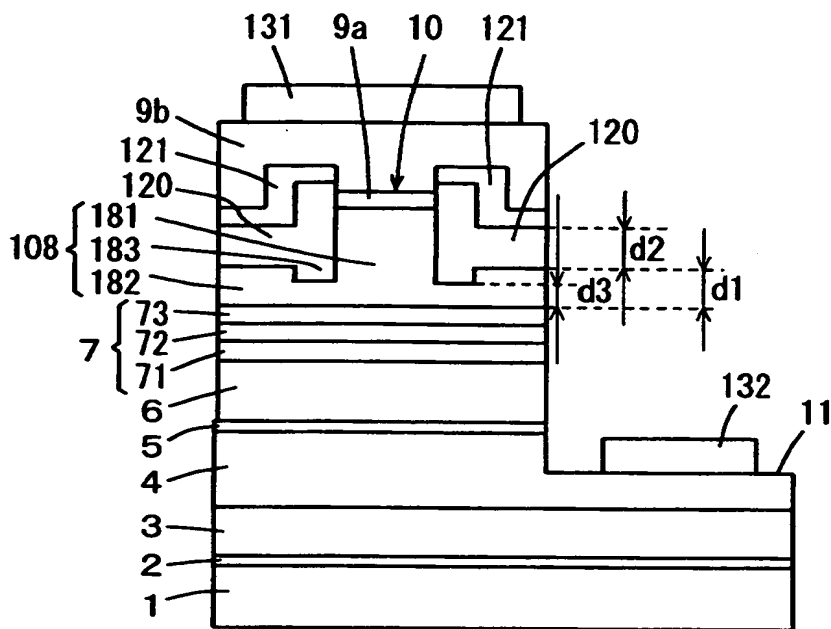
【図 6】



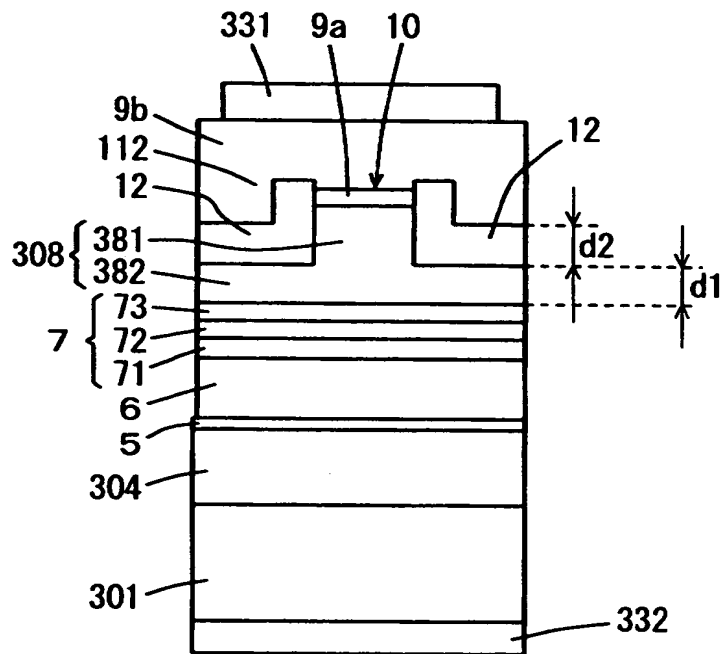
【図 7】



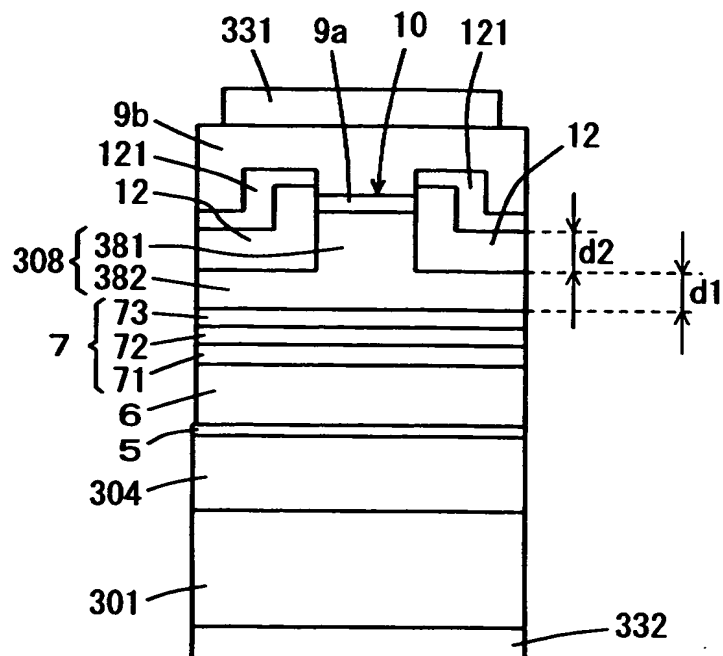
【図 8】



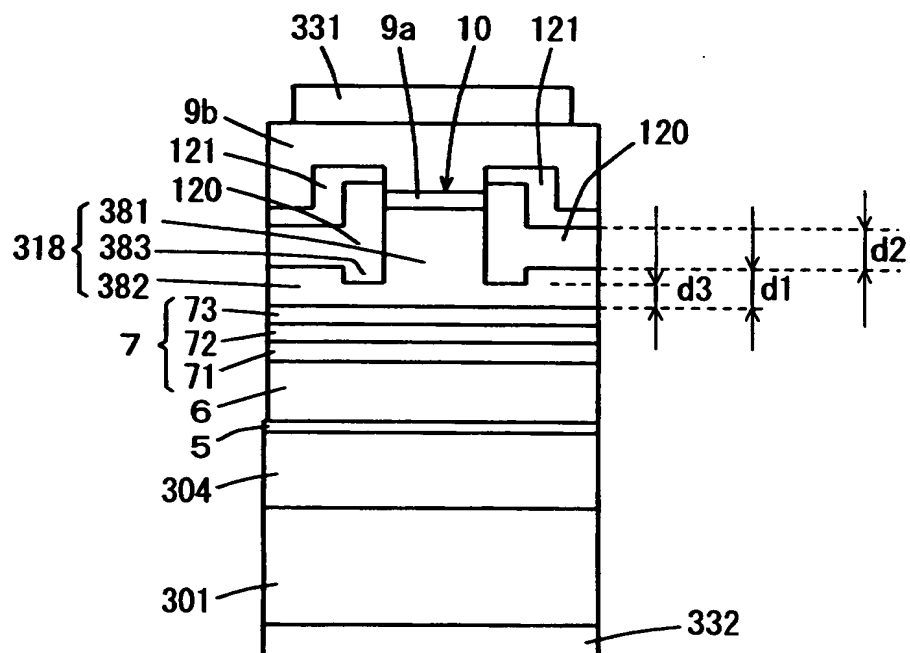
【図 9】



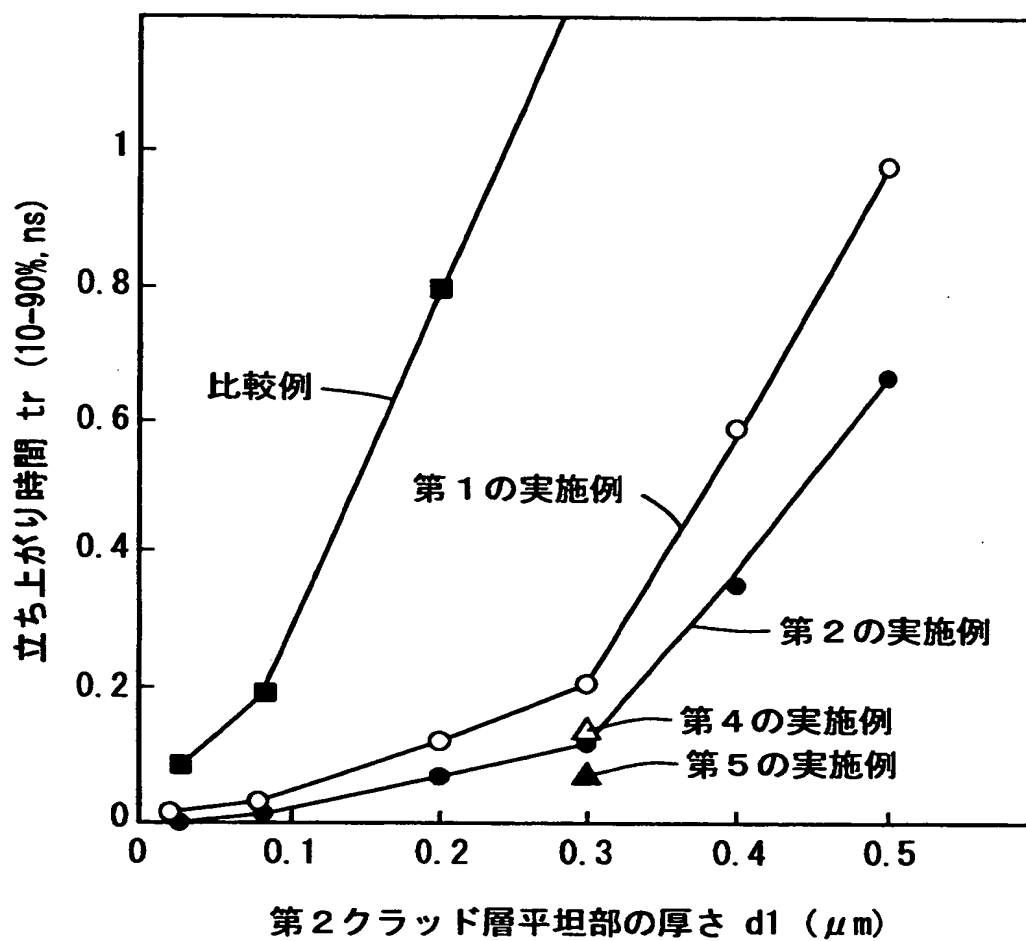
【図 1 0】



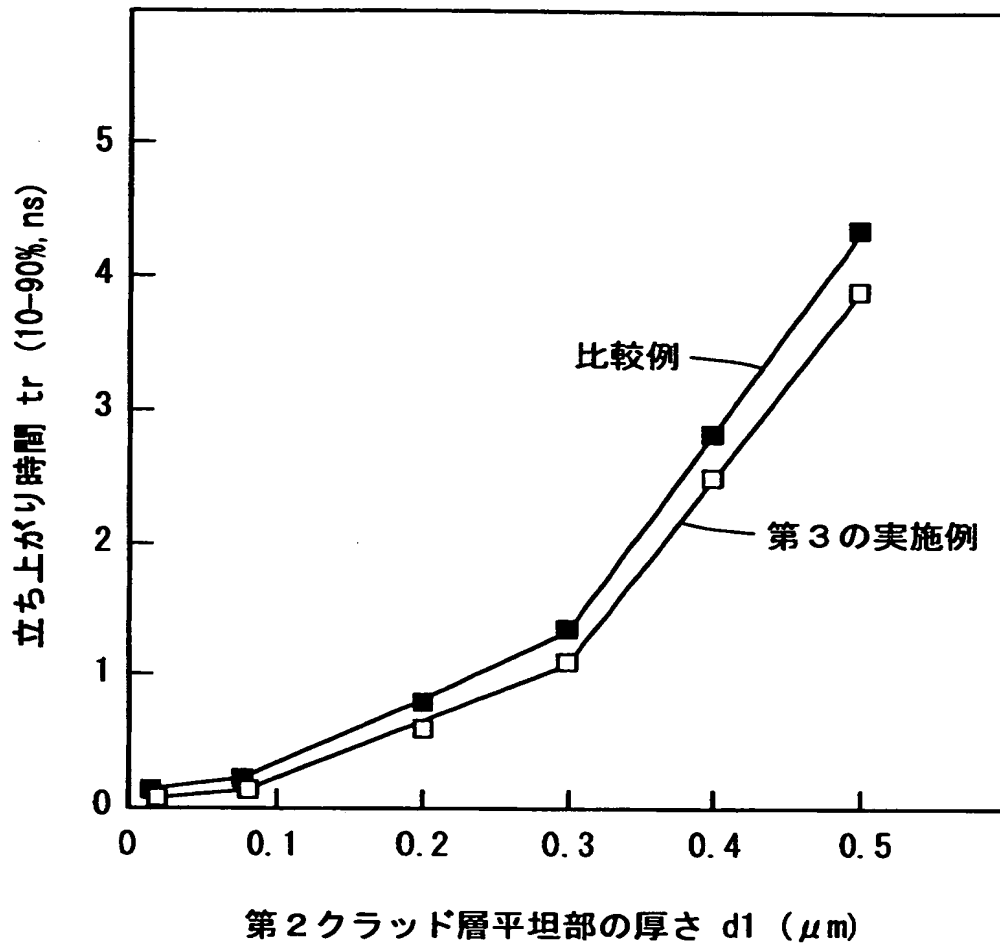
【図 1 1】



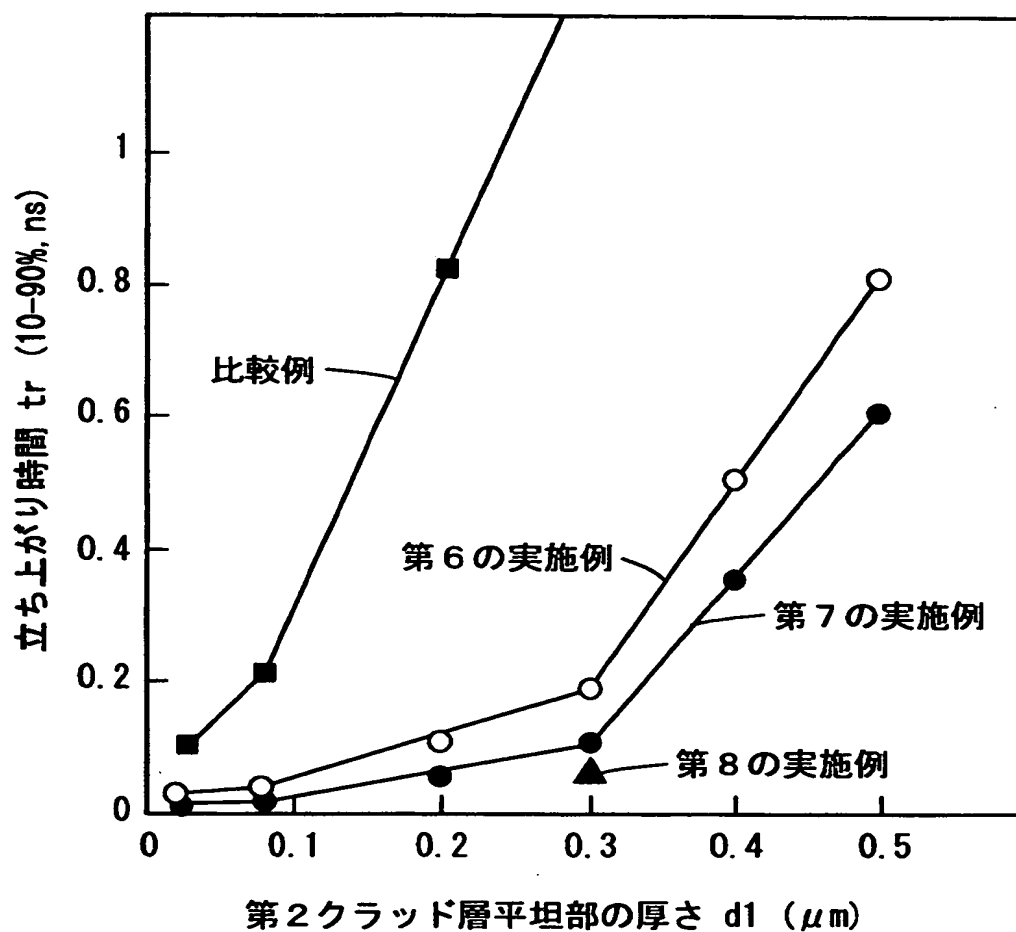
【図 12】



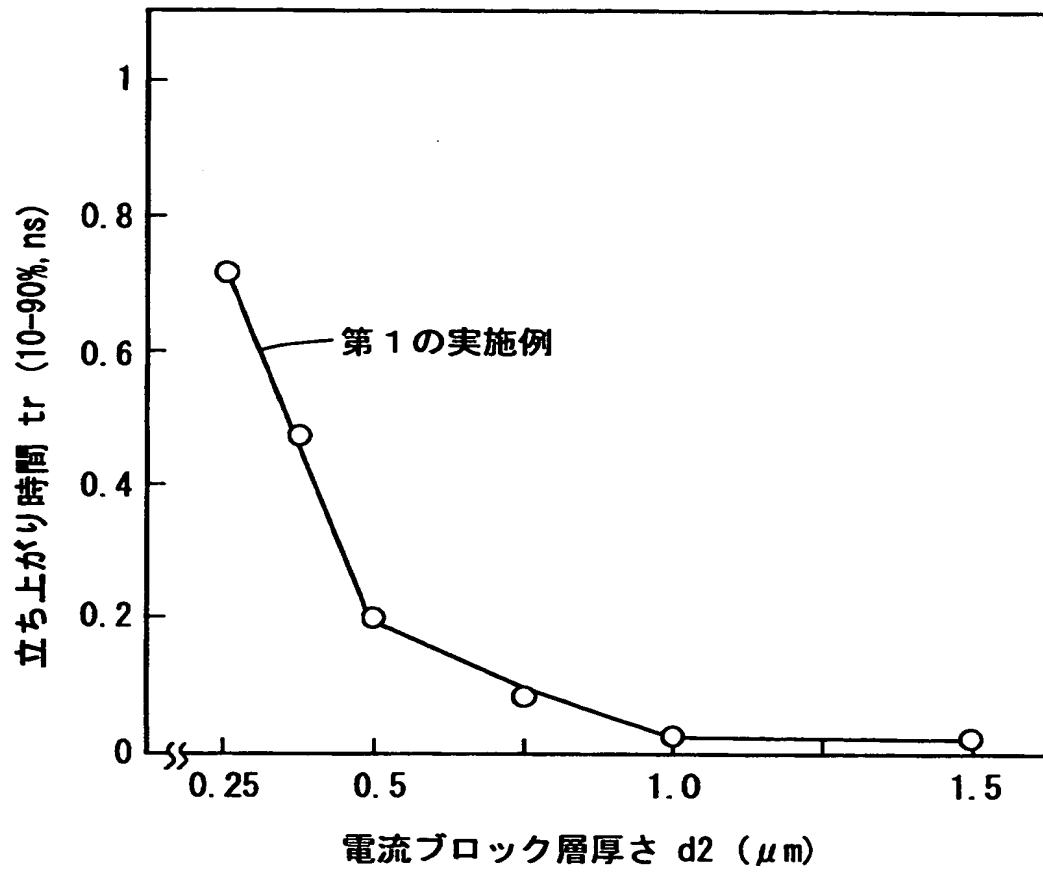
【図 1 3】



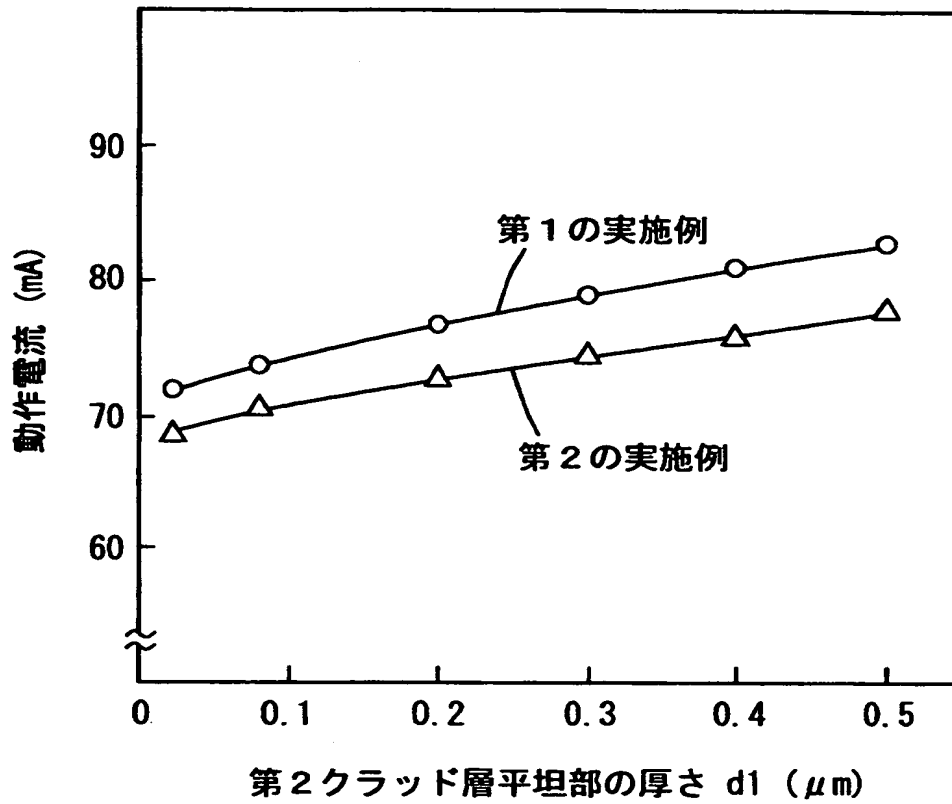
【図 14】



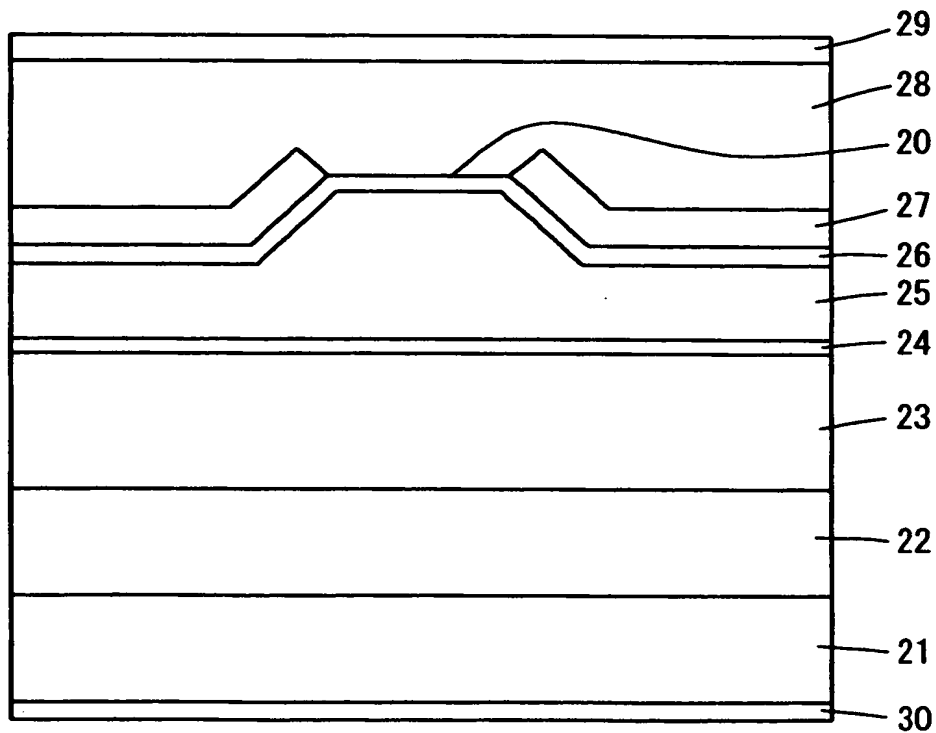
【図 15】



【図 1 6】



【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 短いパルス幅でのパルス駆動時の応答特性が向上された半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 窒化物系半導体からなる発光層 7 の上に、 $p\text{-AlGaIn}$ からなる第 2 クラッド層 8 および $p\text{-GaN}$ からなる第 2 コンタクト層 9 a が順に形成される。第 2 クラッド層 8 および第 2 コンタクト層 9 a の所定領域が除去されてリッジ部 1 0 が形成される。除去されずに残った第 2 クラッド層 8 の平坦部 8 2 の上面およびリッジ部 1 0 の両側面に、不純物が添加された高抵抗の電流ブロック層 1 2 が形成される。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日	1993年10月20日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名	三洋電機株式会社